

ESTABLECIMIENTO *IN VITRO* DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) VARIEDAD AMARILLA EN ALTO BENI, BOLIVIA

In vitro establishment of yellow cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Alto Beni, Bolivia

Marco Antonio Echenique Quezada^{1*}, Sara Vergara Mejia²

RESUMEN

El cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) representa una alternativa agrícola de alta relevancia por su aporte nutricional y potencial económico en zonas tropicales. La micropropagación *in vitro* surge como herramienta biotecnológica para la producción masiva de material vegetal libre de patógenos y de alta calidad. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar cuatro métodos de desinfección para el establecimiento *in vitro* de yuca variedad Amarilla en la Estación Experimental Sapecho, para esto se emplearon segmentos de tallos con yemas laterales, los cuales fueron sometidos a distintos tratamientos de desinfección que incluyeron peróxido de hidrógeno, alcohol, hipoclorito de sodio, antioxidantes y bactericidas. Para el análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 30 repeticiones por tratamiento y cinco repeticiones. Los resultados demostraron que el método I (alcohol al 70% e hipoclorito de sodio al 2% además de peróxido de hidrógeno al 2%), obtuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia y el menor nivel de contaminación microbiana. Por el contrario, el método III y método IV presentaron mayor contaminación microbiana y menor cantidad de explantes vivos. Estos hallazgos evidencian la importancia de optimizar las concentraciones y tiempos de exposición de los agentes desinfectantes para mejorar el establecimiento *in vitro* de yuca y reducir las pérdidas por contaminación.

Palabras clave: *Manihot esculenta* Crantz, yuca, métodos de desinfección, cultivo de tejidos, contaminación, *in vitro*.

ABSTRACT

The cultivation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) represents a highly relevant agricultural alternative due to its nutritional value and economic potential in tropical areas. In vitro micropropagation has emerged as a biotechnological tool for the mass production of high-quality, pathogen-free plant material. The objective of this research was to evaluate four disinfection methods for the in vitro establishment of the Amarilla variety of cassava at the Sapecho Experimental Station. For this purpose, stem segments with lateral buds were used and subjected to different disinfection treatments, including hydrogen peroxide, alcohol, sodium hypochlorite, antioxidants, and bactericides. A completely randomized design (CRD) with 30 replicates per treatment and five replicates was used for data analysis. The results showed that method I (70% alcohol and 2% sodium hypochlorite plus 2% hydrogen peroxide) obtained the highest survival rate and the lowest level of microbial contamination. In contrast, methods III and IV showed higher microbial contamination and fewer live explants. These findings highlight the importance of optimizing the concentrations and exposure times of disinfectants to improve the in vitro establishment of cassava and reduce losses due to contamination.

Keywords: *Manihot esculenta* Crantz, cassava, disinfection methods, tissue culture, contamination, *in vitro*.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/ybuq2968no91w>

Recibido: 03/10/2025

Aceptado: 15/12/2025

¹ *Autor de correspondencia: Docente Investigador, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7574-2258.maechenique@umsa.bo>

² Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. saravm119@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo tropical que ocupa el cuarto lugar como fuente de calorías entre los mejores productos a nivel mundial, siendo antecedida únicamente por el maíz, caña de azúcar y arroz, es fuente económica de energía, aporta unas 124 kcal/100 g, es rica en potasio, calcio y vitamina C, también aporta minerales y vitaminas del complejo B, se considera básica en la alimentación humana y animal, además de ser de gran importancia a nivel industrial. Su producción se realiza en suelos marginales, siendo una planta tolerante a plagas, enfermedades y sequía (IICA-INIAP, 2003 mencionado por Orellana, 2013).

La producción de yuca es una gran alternativa para los productores por ser un cultivo de alta rentabilidad e impacto económico debido al crecimiento constante en la demanda del cultivo tanto en el mercado nacional e internacional, sin embargo, su potencial de mejora mediante la propagación sexual se ve limitada por su alta heterocigosidad y la baja fertilidad natural (Li et al., 1996). La propagación convencional enfrenta limitaciones debido a la heterocigosidad y baja fertilidad de esta especie.

La biotecnología vegetal con la técnica de cultivo de tejidos, son las herramientas más eficaces para su propagación masiva, la micropropagación de yuca representa una estrategia biotecnológica fundamental para la producción masiva de material vegetal de alta calidad y libre de patógenos, permitiendo la conservación de germoplasma elite y la multiplicación acelerada de genotipos superiores (Yandia et al., 2018).

Los protocolos óptimos de micropropagación permiten tasas superiores de multiplicación a diferencia de los métodos convencionales (Kumar et al., 2019 mencionado por Peña, 2024). Los principales desafíos para la micropropagación de yuca incluyen el control de la oxidación fenólica, la contaminación tanto endógena como exógena y la necesidad de obtener protocolos más óptimos para diferentes genotipos (Nyaboga et al., 2015).

Por lo tanto, en la presente investigación se evaluó cuatro diferentes métodos de desinfección en explantes de yuca (yemas laterales) con el propósito

de estandarizar el establecimiento *in vitro* de este cultivo para la producción de material vegetal con buenas características fitosanitarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación fue desarrollada en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Estación Experimental Sapecho, dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, ubicado a 2 km de la localidad de Sapecho a 276 km de la ciudad de La Paz, Provincia Sud Yungas, municipio de Palos Blancos, altitud de 430 m s.n.m., geográficamente se encuentra a una latitud Sur 15° 33.27' 0.59", longitud Oeste 67° 20.05' 0.10", con temperatura media anual a 28 °C y una precipitación anual promedio de 1 800 mm (Maldonado, 2017 y PDM Palos Blancos, 2012).

Metodología

Para el presente trabajo de investigación se evaluaron cuatro métodos de desinfección en la fase de establecimiento *in vitro* de yuca mediante segmentos de tallos (yemas laterales), de plantas superiores seleccionadas en campo, mediante los siguientes pasos:

Preparación de medios de cultivo

El medio de cultivo utilizado en la investigación fue el planteado por Murashige and Skoog (1962) según los requerimientos del material vegetal; se utilizó 30 g/L de sacarosa como fuente de carbono, carbón activado 2 g/L y 8 g/L de agar-agar como medio de sostén, ajustando el pH 5.7, estos medios preparados se dispensaron en recipientes de vidrio colocando en una cantidad de 8 ml de medios por recipiente, los cuales fueron esterilizados a 15 psi a 121 °C durante 15 minutos.

Recolección del material vegetal

El material se recolectó de la comunidad de San Antonio, municipio de Alto Beni, provincia Caranavi del departamento de La Paz. Se seleccionaron plantas madre que presentaron características de alto vigor, adecuado establecimiento en campo y que estaban en condiciones óptimas de sanidad, posteriormente fueron llevadas al invernadero de la Estación Experimental Sapecho, en donde procedió a la

siembra de las varetas en bolsas de polipropileno conteniendo un sustrato adecuado para el desarrollo de las raíces.

Obtención de yemas laterales

Luego de 15 a 21 días, una vez que se tenían

explantes para recolectar, se procedió a recolectar las yemas laterales de los brotes jóvenes de yuca, los cuales se colocaron en frascos con agua fría para evitar el estrés térmico y facilitar su transporte al laboratorio (Figura 1).



Figura 1. Recolección de explantes de yuca var. Amarilla. Plantas de yuca en bolsas de polipropileno (Izq.), brotes de yuca con yemas laterales (Der.)

Desinfección de material vegetal

Una vez obtenidas las muestras de brotes se trasladaron al laboratorio, donde se realizaron cortes de las hojas y los tallos, de manera que como

explantes se utilizaron segmentos de tallos con yemas laterales de 2 cm de longitud, las cuales fueron sometidas a diferentes métodos de desinfección para el establecimiento del cultivo a condiciones *in vitro* (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los métodos de desinfección.

Métodos de desinfección	Descripción	Tiempo
Método I	Inmersión y lavado en solución jabonosa	10 min
Zaldua (2024) modificado	Peróxido de hidrogeno al 2% por en agitación constante.	1 min
	Alcohol 70%	1 min
	Hipoclorito de sodio 2 %	20 min
Método II	Inmersión y lavado en solución jabonosa	10 min
Echenique y Mollo (2020) modificado	Ácido cítrico	5 min
	Bactericida	5 min
	Ácido ascórbico	10 min
	Alcohol 70 %	1 min
	Hipoclorito de sodio 2%	10 min
Método III	Inmersión y lavado en solución jabonosa	5 min
Corozo et al. (2020)	Alcohol al 70% por	30 s
	Hipoclorito de sodio 2%	15 min
Método IV	Inmersión y lavado en solución jabonosa	20 min
Hernández et al. (2022)	Alcohol al 70%	5min
	Hipoclorito de sodio 1%	15 min

Se emplearon cuatro métodos de desinfección, propuestos por Zaldua (2024) modificado, Echenique y Mollo (2020) modificado, Corozo et al. (2020) y Hernández et al. (2022), el método I y Método II

fueron modificados, utilizando concentraciones y tiempos de inmersión de los explantes, en diferentes desinfectantes y antioxidantes para cada método de desinfección. Al finalizar cada uno de los periodos

contemplados para los diferentes métodos, se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril por el lapso de un minuto.

Establecimiento in vitro

Luego del proceso de desinfección, en la cámara de flujo laminar, se realizaron tres enjuagues con agua destilada estéril, para luego realizar los cortes a los explantes a un tamaño aproximado de 1 cm, para luego sumergirlos en soluciones de bactericida y

antioxidante por 1 min, y sembrarlos en los medios de cultivo preparados en recipientes de vidrio conteniendo 8 ml de medio MS y sellarlos con plastfilm, se sembraron un explante por recipiente, los cuales se mantuvieron bajo condiciones controladas de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad, humedad relativa al $70 \pm 5\%$. Se mantuvieron en monitoreo constante para observar el desarrollo de los propágulos, al cabo de 15 días se registraron los valores de las variables dependientes.



Figura 2. Establecimiento de yuca variedad amarilla a condiciones *in vitro*.
Desinfección de explantes de yuca (Izq.), siembra de explantes yemas laterales (Cen. y Der.)

Diseño experimental

Para la investigación se utilizaron yemas laterales de plantas de yuca seleccionadas, que se distribuyeron bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos, cada tratamiento compuesto por 30 explantes y cinco repeticiones (Vicente, 2001), con el objetivo de identificar cuál de los métodos de desinfección es el apropiado en el establecimiento *in vitro* de yuca. Las variables de estudio evaluadas fueron: porcentaje de contaminación por hongo, porcentaje de contaminación por bacteria y porcentaje de sobrevivencia, se efectuó la comparación de medias utilizando un nivel de significancia de 0.05. Los diferentes porcentajes (contaminación por hongos, contaminación por bacteria y sobrevivencia se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$C (\%) = CEx \cdot 100/TE$$

Dónde: $C (\%)$ = porcentaje de contaminación;
 CEx = contaminación de explante; TE = total de explantes.

Los hongos se detectan por la presencia de micelio, las bacterias se detectan por la presencia exudados presentes en la base del explante, el explante vivo es aquel que no presentó ninguna presencia de estos tipos de contaminantes.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico InfoStat, realizando los análisis de varianza (ANVA), se efectuó la comparación de medias mediante la prueba LSD Fisher, utilizando un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos se obtuvieron a partir de los 15 días después del establecimiento *in vitro* de yuca, sin embargo, desde el tercer día ya se observaron explantes con indicios de contaminación microbiana (contaminados por hongos y bacterias).

Porcentaje de contaminación por hongos

Realizado el análisis de varianza (ANVA) para porcentaje de contaminación por hongos, se tiene que existe diferencia altamente significativa entre los métodos de desinfección para el establecimiento *in vitro* de yuca.

Tabla 2. Análisis de varianza para contaminación por hongos.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado (0.5%)	Nivel de significancia
Métodos de desinfección	926.15	3	308.72	216.643	< 0.0001	**
Error	22.8	16	1.42			
Total	948.95	19				

Coeficiente de variación = 7.8; ** = altamente significativo.

Analizando los resultados de la Figura 3, se puede indicar que el método IV donde se utiliza alcohol al 70% por 5min, hipoclorito de sodio 3% por 20 min, alcohol al 70% por 5 min, hipoclorito de sodio 1 % por 15 min es el más apropiado para eliminar la contaminación por hongos

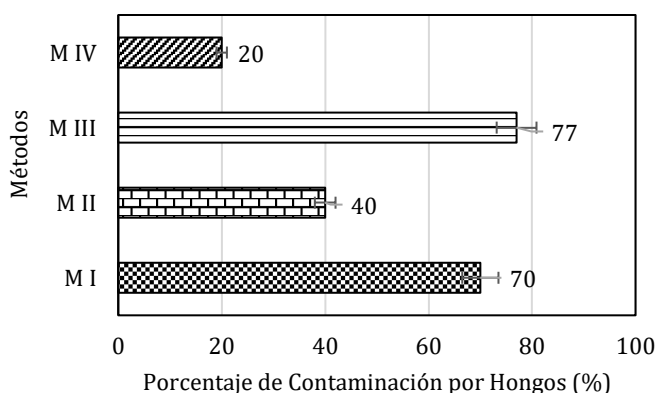


Figura 3. Porcentaje de contaminación por hongos en explantes de yuca bajo la aplicación de cuatro métodos de desinfección.

Los resultados del porcentaje de contaminación por hongo, mostraron que se presentó un alto porcentaje de contaminación en los métodos de desinfección III y I, hallándose menor contaminación en el método IV.

La presencia de hongos es uno de los principales problemas durante la fase de establecimiento de explantes *in vitro* (Jiménez et al., 2007).

Según Gutierrez et al. (2019), uno de los factores que podría influir en la obtención porcentajes bajos de contaminación en los explantes, es la reducción del tamaño en el momento de la desinfección, lo que evidentemente ocurrió en la presente investigación. Ross et al. (2017), obtuvieron bajos porcentajes de contaminación fúngica en yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) cuando hicieron uso de un fungicida de contacto de amplio espectro en la etapa de desinfección, al sumergir los explantes en una solución de fungicida (Captan® 0.5%) durante 20 minutos, obteniendo tasas de contaminación fúngica en los explantes que oscilaron entre el 3.5 y el 5.9%, por lo que se podría evaluar esa metodología en los explantes de yuca.

Porcentaje de contaminación por bacterias

Los resultados del ANVA (Tabla 3), indica que existe diferencia altamente significativa entre los métodos de desinfección para el establecimiento *in vitro* de yuca.

Tabla 3. Análisis de varianza para contaminación por bacteria.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado (0.5%)	Nivel de significancia
Métodos de desinfección	1 270.4	3	423.46	457.802	< 0.0001	**
Error	14.8	16	0.92			
Total	1 285.2	19				

Coeficiente de variación = 7.9; ** = altamente significativo.

Los resultados del porcentaje de contaminación por bacteria, mostraron que se presentó un alto porcentaje de contaminación en los métodos de desinfección IV y II, hallándose menor contaminación en el método I. Analizando los resultados de la

Figura 4, se puede indicar que el método I donde se utiliza peróxido de hidrogeno al 2% por 1 min, alcohol 70% por 1 min, hipoclorito de sodio 2% por 20 min es el más apropiado para eliminar la contaminación por bacterias.

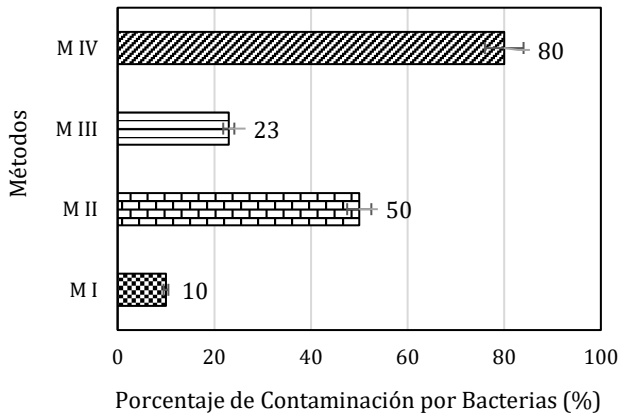


Figura 4. Porcentaje de contaminación por bacteria en explantes de yuca bajo la aplicación de cuatro métodos de desinfección.

La desinfección constituye el primer paso crucial para el establecimiento de explantes en un entorno *in vitro*. De acuerdo con Beltrán y Mesa (2014), el éxito en los sistemas de propagación está estrechamente vinculado con el método utilizado para controlar la contaminación microbiana, ya que esta puede causar significativas pérdidas de material vegetal.

El hipoclorito de sodio (NaClO) se emplea con frecuencia en diversos procesos de desinfección,

tiene acción antimicrobiana debido a que interactúa con numerosas biomoléculas, incluyendo ácidos nucleicos, lípidos, aminoácidos y componentes de la membrana que contienen azufre, lo que provoca daño celular (Díaz et al., 2023). Sin embargo, autores como Menegazzo et al. (2019), afirman que las diferencias en el porcentaje de explantes contaminados puede verse afectada porque el NaClO es de acción superficial en los tejidos de los explantes por lo que no es muy efectivo con microorganismos que se ubican en tejidos endógenos de los explantes. Corozo et al. (2020), indican que con el uso de antibióticos como la amoxicilina en concentraciones de 5 mg/L en el medio de cultivo se pueden obtener tasas de contaminación bacteriana del 0%, siendo una de las alternativas para disminuir pérdidas por contaminación bacteriana en yuca.

Porcentaje de sobrevivencia

Los resultados presentados en el ANVA en la Tabla 4, indica que existe diferencia altamente significativa entre los métodos de desinfección para el establecimiento *in vitro* de yuca.

Tabla 4. Análisis de varianza para sobrevivencia.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabulado (0.5%)	Nivel de significancia
Métodos de desinfección	22.83	3	7.61	177.279	< 0.0001	**
Error	0.69	16	0.04			
Total	23.52	19				

Coefficiente de variación = 10,2; **=altamente significativo.

Los resultados del porcentaje de sobrevivencia mostraron que el método de desinfección I, presenta mayor porcentaje de sobrevivencia con un 20% de explantes sin contaminación, seguido del método II sin embargo, en los métodos III y IV no se observaron explantes libres de contaminación. En ese sentido analizando los resultados de la Figura 5, se puede indicar que el método donde se utiliza peróxido de hidrogeno al 2% por 1 min, alcohol 70% por 1 min, hipoclorito de sodio 2% por 20 min, es el más apropiado para obtener mayor cantidad de explantes libres de contaminantes.

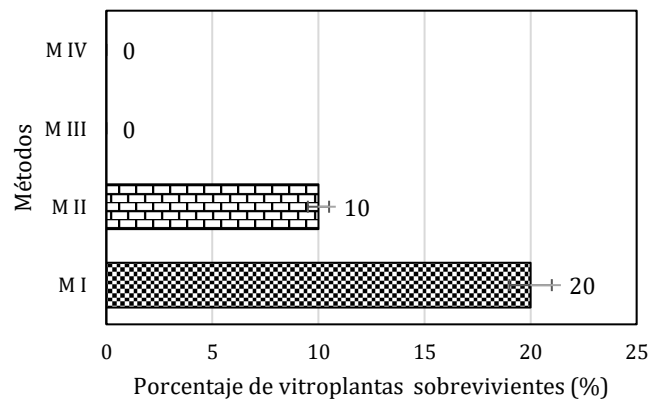


Figura 5. Porcentaje de sobrevivencia de explantes de yuca bajo la aplicación de cuatro métodos de desinfección.

De acuerdo con Casanova-Alvino et al. (2019), los explantes que son considerados como sobrevivientes, son aquellos que fueron establecidos y mantuvieron su capacidad de poder crecer y desarrollarse. Sin embargo, Hernández et al. (2022) alcanzaron 90% de sobrevivencia utilizando desinfección con inmersión en solución jabonosa 20 minutos, alcohol al 70% 5 minutos, hipoclorito de sodio al 3% 20 minutos, alcohol al 70% 5 minutos e hipoclorito de sodio al 1% 15 minutos. Estas diferencias en el porcentaje de sobrevivencia se deben en gran parte a un alto porcentaje de contaminación debido a la acción superficial del hipoclorito de sodio como agente desinfectante y a la presencia endógena de microorganismos contaminantes en los tejidos (Menegazzo et al., 2019). Además, se indica que la procedencia inicial del material vegetal donante establecido en el invernadero, campo o cámaras de crecimiento influyen en la concentración de agentes patógenos (microorganismos contaminantes) presente en los tejidos, siendo mayor en aquellas que provienen de campo en comparación con las que proceden de lugares con condiciones ambientales controladas (CIAT, 1980 mencionado por Laynez y Sánchez, 2006).



Figura 6. Vitroplantas de yuca de la variedad amarilla en desarrollo.

CONCLUSIONES

La utilización de peróxido de hidrógeno al 2% por 1 minuto en constante agitación, seguido de alcohol al 70% por 1 minuto e hipoclorito de sodio al 2% por 20 minutos, para la desinfección de explantes de yuca, permite obtener mayor y mejor establecimiento y sobrevivencia de explantes de yuca variedad amarilla.

De esta forma se establece que el mejor método de desinfección fue con el método I fue el más eficiente para el establecimiento *in vitro* de explantes de yuca, alcanzando el mayor porcentaje de sobrevivencia y la menor tasa de contaminación microbiana. Sin embargo, este método mostró un nivel relativamente alto de contaminación fúngica.

El mayor porcentaje de contaminación provocado por hongos se presentaron en el método III que utilizó (hipoclorito de sodio al 2% y un tiempo de 15 minutos) con el 77% de contaminación. El porcentaje más alto de contaminación provocado por bacterias se presentó en el método IV que utilizó (hipoclorito de sodio al 1% y un tiempo de 15 minutos) con el 80% de contaminación.

Se requiere la incorporación de un fungicida de amplio espectro en la fase de desinfección para mejorar los resultados de sobrevivencia en la fase de establecimiento *in vitro*. La optimización de protocolos de desinfección más efectivos, debe considerar no solo la eficacia en la eliminación de contaminantes, sino también la reducción del estrés oxidativo en los explantes, esto permitirá la producción de material vegetal de alta calidad, libre de patógenos, contribuyendo a la propagación masiva de yuca con mejores características fitosanitarias y potencial productivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán, P. D. M., & Mesa, L. N. (2014). El dicloruro de mercurio como desinfectante en la micropropagación del comino (*Aniba perutilis* Hemsley). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 203-209. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752014000100024
- Casanova-Alvino, F. E., Domínguez-Torrejón, G., & Tapiá-Figueroa, M. L. (2019). Determinación de medios de cultivo para el establecimiento *in vitro* de bambú (*Guadua weberbaueri*). *Anales Científicos*, 80(1), 150-159. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1380>
- Corozo, L., Héctor, E., Macías, F., Vásquez, B., Pinargote, B., Cobeña, G., Mendoza, A., & Arteaga, F. (2020). Micropropagación de dos variedades ecuatorianas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 36(3), 224-232. <https://dx.doi.org/10.29393/chjaas36-21mdlc80022>

- Díaz, L. M. I., Pereira, B. K. D., Brítez, M. J. R., Mongelós, F. J. Y., & Mussi, C. C. E. (2023). Efecto de la concentración del hipoclorito de sodio sobre la contaminación y oxidación de meristemas en la micropropagación de banano. Reportes científicos de la FACEN, 14(2), 156-164.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10063237>
- Echenique, M., & Mollo G. (2020). Establecimiento in vitro de segmentos nodales de guanabana (*Annona muricata* L.) en la Estación Experimental Sapecho – Bolivia. RIIARn [online]. 2020, 7(1), 62-68.
<https://riiarn.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/145>
- Gutierrez, Y., Folgueras, M., Santos, A., López, J., Medero, V., Reinaldo, D., & Alvarado-Capó, Y. (2019). Manejo de la contaminación bacteriana en la propagación in vitro de yemas axilares de *Colocasia esculenta* cv. 'INIVIT MC-2012'. Biotecnología Vegetal, 19(2), 147-152.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S20748647201900200147&script=sci_arttext&lng=en
- Hernández, W. A., Ruiz, O. A., & Mejía Neira, A. F. (2022). Establecimiento in vitro de yuca a partir de segmentos uninodales. Revista Senova: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación.
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/senova/article/view/5431/5509>
- Jiménez, T. F., Barbón, R., Pérez, M., Collado, R., Acosta, S. M., Alvarado, C. Y., & Agramonte, D. (2007). Efecto de la revigorización en el establecimiento in vitro de ápices y segmentos nodales de *Cedrela odorata* L. Revista de Biotecnología Vegetal, 7(1), 45-51.
<https://scispace.com/pdf/efecto-de-la-revigorizacion-en-el-establecimiento-in-vitro-52vdw9kq5p.pdf>
- Layne, J. A., & Sánchez, M. C. (2006). Desinfección de ápices de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. 'Querepa Rosada' con hipoclorito de sodio. Revista Científica UDO Agrícola, 6(1), 60-66.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2252782>
- Li, H.-Q., Sautter, C., Potrykus, I., & Puonti-Kaerlas, J. (1996). 'Genetic transformation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Nature Biotechnology, 14(6), 736-740.
<https://www.nature.com/articles/nbt0696-736>
- Maldonado, C. (2017). Comparación del rendimiento de diez cultivares de café (*Coffea arabica* L.) en tres años de producción en la Estación Experimental de Sapecho, provincia Sud Yungas, departamento La Paz. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 4(2), 30-36.
http://www.scielo.org.bo/pdf/riarn/v4n2/v4n2_a05.pdf
- Menegazzo, R. F., Rickli, M. E., Menegazzo, A. W., Lopes, A. D., Manfio, C. E., & Koefender, J. (2019). In vitro multiplication of cassava varieties. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, 22(4).
<https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/7618/3900>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol Plant, 15, 473-497.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Nyaboga, E., Njiru, J., & Tripathi, L. (2015). Factors influencing somatic embryogenesis, regeneration, and Agrobacterium-mediated transformation of cassava. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant, 51(2), 109-125.
<https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2015.00411/full>
- Orellana L. E., (2013). Efecto de tres concentraciones de bencil aminopurina en multiplicación in vitro de yuca – genotipo CM 6119-3. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/816807ce-9792-4c8c-9e30-7f9c64d3c6ff/content>
- PDM (Plan de Desarrollo Municipal) Palos Blancos. (2012). Gobierno Autónomo Municipal de Palos Blancos. Consultora Iniciativa. La Paz, Bolivia. 429 p.
- Peña, S. L. F. (2024). Evaluación de un protocolo de micropropagación de yuca (*Manihot esculenta* crantz.) de cultivares Reina y Chiroso en el departamento de Córdoba. Universidad de Córdoba.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/b8946f2c-18ec-4b3b-8b3e-354b0bbf5b2c/content>
- Ross, S., Arriaga, M. E., & Pechi, E. 2017. Establecimiento in vitro de yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.- Hil.) nativa de Uruguay (en línea). Agrociencia Uruguay, 21(1), 15-23.
<http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S230115482017000100015&script=sciarttext>
- Vicente, J. (2001). Guía Metodológica de Diseños Experimentales. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 559 p.
- Yandia, S.P., Gandonou, C., Sembala, S., Zinga, I., & Fatiou, T. (2018). Response of four cultivars of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plantlets free of cassava mosaic virus to micropropagation in different media. Afr. J. Biotechnol, 17(1), 9-16.
<https://academicjournals.org/journal/AJB/article-full-text-pdf/47F986755341>
- Zaldua, R. (2024). Comparación de protocolos de desinfección y propagación para la especie vegetal *Baccharis latifolia* (Ruiz y Pav.) uso de yemas axilares. Universidad Politécnica Salesiana.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26940/1/UPS-CT011161.pdf>